



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G01N 33/18</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 95/14925</b> (43) Date de publication internationale: 1er juin 1995 (01.06.95)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/01346</p> <p>(22) Date de dépôt international: 18 novembre 1994 (18.11.94)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 93/14209 23 novembre 1993 (23.11.93) FR</p> <p>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): NANCIE - CENTRE INTERNATIONAL DE L'EAU [FR/FR]; 149, rue G.-Péri, F-54515 Vandœuvre (FR). UNIVERSITE DE NANCY I [FR/FR]; 24, rue Lionnois, F-54000 Nancy (FR).</p> <p>(71)(72) Déposant et inventeur: FLORION, André [FR/FR]; 118, boulevard de Hardeval, F-54520 Laxou (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et</p> <p>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): TERVER, Denis [FR/FR]; 37, rue des Côteaux, F-54600 Villers-lès-Nancy (FR). CHRETIEN, Didier [FR/FR]; 72, rue Félix-Faure, F-54000 Nancy (FR). THOMAS, Marielle [FR/FR]; 3, place de Gascogne, F-57420 Sologne (FR).</p> <p>(74) Mandataire: CABINET MICHEL POUPON; 3, rue Ferdinand-Brunot, Boîte postale 421, F-88011 Epinal Cédex (FR).</p>		<p>(81) Etats désignés: AU, CA, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i></p>
<p>(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MONITORING AQUEOUS MEDIA USING ELECTROLOCATING AQUATIC ANIMALS</p> <p>(54) Titre: PROCEDE ET INSTALLATION POUR LA SURVEILLANCE DES MILIEUX AQUEUX PAR DES ANIMAUX AQUATIQUES ELECTROGENES</p> <p>(57) Abstract</p> <p>A method for real-time biomonitoring of physical and chemical parameters in aqueous media by using electrical signals generated by electrolocating aquatic test animals. The method comprises using signals generated by at least one aquatic test animal of the kind which transmits high-frequency undulating signals or regular pulsatory signals. An apparatus for carrying out the method is also disclosed. The method and apparatus are useful for monitoring surface waters and aqueous media in general.</p> <p>(57) Abrégé</p> <p>La demande concerne un procédé pour la surveillance biologique en temps réel de paramètres physico-chimiques des milieux aqueux utilisant des signaux électriques émis par des animaux-tests aquatiques électrogènes caractérisé en ce qu'il utilise les signaux émis par au moins un animal-test aquatique appartenant à l'ensemble (ondulateur haute fréquence, pulsatoire régulier). La demande concerne également une installation pour la mise en œuvre du procédé. Application: surveillance des eaux de surface et des milieux aqueux en général.</p> <div data-bbox="876 1386 1396 1848"> </div>		

# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

Procédé et installation pour la surveillance des milieux aqueux par des animaux aquatiques électrogènes

L'invention concerne un procédé et une installation pour la surveillance biologique en temps réel de paramètres physico-chimiques des milieux aqueux, utilisant des signaux électriques émis par des animaux aquatiques électrogènes.

5 Il existe déjà un dispositif de ce type décrit dans le document DE 2 906 884 et permettant de surveiller la qualité de l'eau au moyen d'un poisson électrique placé dans un bac d'observation. L'eau du bac est reliée à une électrode pour la réception des décharges du poisson qui sont amplifiées et enregistrées. Une alarme est prévue en cas de  
10 dépassement de limites préalablement fixées.

Selon ce document

Le dispositif fonctionne préférentiellement avec des poissons électriques de type pulsatoire irrégulier basse fréquence (*Gnathonemus petersii* et *Mormyrus hasselquisti*) mais également avec une espèce  
15 ondulatoire basse fréquence (*Gymnarchus niloticus*).

Il est basé sur la mesure en continu d'un ou plusieurs paramètres non clairement énoncés ; il s'agit soit de l'intensité (on parle de 0 à 5 mA), soit de la tension des signaux (on parle de voltmètre digital), soit de la fréquence (on parle de rythmes nyctéméraux de décharges du poisson). Cette dernière grandeur étant extrêmement variable pour les poissons considérés, même en l'absence de perturbation(s) environnementale(s), l'exploitation du procédé nécessite un traitement statistique complexe des décharges.  
20

Le dispositif comporte en outre un système de réveil du poisson pour l'empêcher d'observer les périodes de repos diurne pendant lesquelles sa fréquence d'émission diminue. Cette activité forcée du poisson entraîne des perturbations de mesure ; en outre elle est néfaste au poisson et n'est donc pas admissible.  
25

L'idée inventive consiste à utiliser des animaux électrogènes ondulatoires haute fréquence et/ou pulsatoires réguliers, en mesurant notamment la fréquence d'émission des décharges ainsi que l'intensité et la forme de leurs signaux. Leur particularité est d'émettre des signaux électriques dont les caractéristiques sont extrêmement stables dans le  
30

- 2 -

temps lorsque les conditions environnementales sont elles-mêmes stables.

Selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif de l'invention, on utilise comme animal-test une espèce de poissons appelée *Apteronotus albifrons*.

5                   *Apteronotus albifrons* émet un signal ondulatoire de faible amplitude (quelques volts au contact du poisson, quelques millivolts dans les électrodes de captage) et d'une fréquence voisine de 1 000 Hz, extrêmement stable dans le temps (variation de l'ordre de 0,1 %) lorsque  
10                   les conditions environnementales sont elles-mêmes stables. De plus son signal, loin d'être sinusoïdal, comporte un large spectre d'harmoniques que l'on peut également exploiter pour la bio-surveillance de paramètres physico-chimiques des milieux aqueux.

                  Ainsi ces poissons tropicaux délivrent continuellement un courant électrique, qu'ils modulent en intensité, en forme et en  
15                   fréquence suivant divers facteurs de l'environnement tels que la température, le pH, l'oxygène, la présence de substances toxiques,...

                  En résumé, nous avons pour point de départ la constatation qu'à environnement stable, les caractéristiques du signal électrique sont également stables, et- comme résultat à exploiter le fait que des  
20                   modifications de facteurs environnementaux entraînent une variation des caractéristiques du signal électrique en terme :

- de fréquence : abaissement, augmentation, pics de fréquence,...
- d'intensité du signal électrique,
- 25                   - de forme du signal, c'est-à-dire modification du spectre des harmoniques.

                  L'analyse de ces trois caractéristiques du signal électrique ainsi qu'une étude éventuelle du comportement moteur de l'animal-test par exemple par système vidéo fourniront l'information exploitée par le  
30                   procédé et l'installation selon l'invention.

                  Un premier problème à résoudre concerne la dépendance très nette de la fréquence du poisson vis-à-vis de la température de l'eau du bac.

- 3 -

Il s'avère difficile de déterminer précisément les réponses du poisson suite à des variations de facteurs physiques ou chimiques de l'environnement comme par exemple le pH et l'oxygène ou à une présence d'hydrocarbures et d'autres substances toxiques, si la température de l'eau n'est pas maîtrisée parfaitement.

L'objectif de l'invention pour résoudre ce premier problème est de stabiliser la température de l'eau au niveau de l'animal-test pour éviter d'obtenir, dans des conditions standards (en dehors de toute pollution), de brusques variations de la fréquence de l'animal-test de l'ordre de quelques Hertz dans un laps de temps court (hormis les pics de fréquence naturels de l'animal-test).

En effet, étant donné l'étroite dépendance existant entre température et fréquence, il est nécessaire de s'affranchir totalement du facteur température de façon à pouvoir enregistrer et analyser à tout moment une variation d'une ou plusieurs caractéristiques du signal électrique de l'animal-test lors d'une perturbation environnementale.

Un autre problème à résoudre concerne la fréquence du réseau qui peut induire des parasites, ce problème est résolu entre autre par le choix d'une espèce, dont l'espèce citée, qui émet des signaux à hautes fréquences donc nettement différenciables de la fréquence du réseau.

Les objectifs principaux de l'invention sont :

- concevoir un système utilisable en circuit fermé par exemple pour des études expérimentales, ou en circuit ouvert par exemple pour la surveillance en temps réel des eaux de surface ;

- mettre en place un appareillage de thermorégulation performant, capable de maintenir la température de l'eau de l'aquarium la plus constante possible ;

- mettre en place un système permettant d'obtenir une bonne homogénéisation du liquide à surveiller au niveau du bac de contention, c'est-à-dire optimiser :

- . la forme du bac de contention,
- . son volume,
- . le taux de renouvellement de l'eau distribuée dans le bac

- 4 -

de contention et dont on veut tester la qualité,

. le système d'arrivée d'eau dans ce bac.

- pour la détection de toxicité, insérer éventuellement dans l'installation un bac de brassage dans le but d'homogénéiser le milieu ;

5       - réduire au minimum le volume d'eau circulant en amont du bac de contention pour que le temps de réponse de l'animal-test, mis en présence d'un éventuel polluant, soit le plus petit possible.

10       Les problèmes cités sont résolus et les objectifs fixés sont atteints grâce au procédé selon l'invention qui utilise les signaux émis par des animaux électrogènes ondulatoires, hautes fréquences et/ou pulsatoires réguliers et plus particulièrement par *Apteronotus albifrons*.

15       Le procédé selon l'invention se caractérise en ce qu'il comporte des étapes successives de stabilisation thermique de l'eau captée, distribution d'eau dans un ou plusieurs bacs de contention contenant chacun un animal-test, traitement des informations avec correction de mesures en fonction d'au moins un paramètre influant sur le signal et n'entrant pas dans le cadre d'une pollution ou d'une perturbation du liquide à surveiller.

20       De plus, le procédé nécessite l'établissement préalable d'une carte d'identité électrique de l'animal-test pour déterminer les bornes entre lesquelles varient les différentes caractéristiques du signal électrique mesurées dans des conditions standards (milieu non pollué).

De préférence, on utilisera des poissons relais à phase d'activité nyctémérale artificiellement décalée.

25       L'invention porte également sur toutes les installations qui mettent en oeuvre le procédé précité.

On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description qui suit faite en référence aux figures annexées suivantes :

30       - figure 1 : schéma de principe du circuit électrique et électronique,

- figure 2 : schéma de principe d'une première variante du circuit hydraulique,

- figure 3 : schéma de principe d'une deuxième variante du

- 5 -

circuit hydraulique,

- figure 4 : schéma d'une installation sur site d'une centrale de surveillance de pollution d'eaux de surface,

- figure 5 : synoptique du programme de traitement.

5 La figure 1 est un schéma de principe du circuit électrique et électronique de l'invention qui comporte les étapes de captage, traitement des informations captées, exploitation des données.

10 LE CAPTAGE : L'information électrique d' *Apteronotus albifrons* (1) est recueillie par au moins deux électrodes (2) par exemple en inox plongées verticalement dans le plan médian de l'eau d'un aquarium (3). Elles déterminent un canal de captage qui recueille les variations ondulatoires du champ électrique dont s'entoure continuellement l'animal-test (1).

Une sonde thermique (9) détecte la température du bain.

15 Le captage de l'information électrique est optimal lorsque l'animal-test se tient dans le plan déterminé par les électrodes. Ce problème est résolu par la mise en place à l'endroit voulu d'un refuge (4), par exemple un tube en PVC dans lequel se loge *Apteronotus albifrons*, cette espèce ayant l'habitude dans la nature de se loger dans des cavités ou des trous.

20 LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION : Les variations périodiques ainsi collectées par les électrodes sont faibles (quelques millivolts). Elles font l'objet d'une amplification par exemple par un préamplificateur suivi d'un amplificateur différentiel (5) (avec trois électrodes par exemple) qui porte leur valeur à 12 Volts par exemple, sans modification de leur forme, ni de leur fréquence.

25 L'EXPLOITATION INFORMATIQUE DU SIGNAL ELECTRIQUE par un micro-ordinateur (6) :

l'enregistrement concerne :

- 30 1. La fréquence de l'animal-test : enregistrement à des intervalles de temps définis (de quelques centièmes de secondes à quelques secondes ou minutes) du nombre d'impulsions électriques par seconde.
2. La forme et l'intensité du signal électrique, en particulier, étude

- 6 -

des harmoniques (analyse de Fourier).

Le logiciel développé spécifiquement pour cette étude permet la mesure de la fréquence avec une précision de 1/10ème de Hertz. Les mesures se font généralement toutes les secondes (possibilité de  
5 travailler sur des intervalles de temps plus grands ou plus petits que la seconde) ; la fréquence est visualisée en temps réel sur un écran (7) et stockée automatiquement dans des fichiers (de 4 heures pour des mesures toutes les secondes) sur une période pratiquement illimitée.

Par ailleurs, le logiciel permet la visualisation en temps  
10 pseudo-réel (fonction oscilloscope) de la forme du signal. Toutes les n secondes, un fichier "image" de la courbe peut être stocké sur un disque pour une analyse de Fourier. Par ailleurs, la température de l'eau de l'aquarium où est maintenu l'animal-test est visible à l'écran (7) et stockée en temps réel (précision de l'ordre du 1/100ème de degrés  
15 Celsius).

L'analyse des caractéristiques du signal électrique : l'analyse informatique se fait selon le programme dont synoptique en figure 5 (donné à titre d'exemple non limitatif) :

Pour chaque animal, une carte d'identité électrique sera  
20 préalablement établie afin de déterminer les bornes entre lesquelles varient les différentes caractéristiques du signal électrique dans des conditions standards (milieu non pollué).

Les signaux sont traités en parallèle selon trois axes A, B, C (voir figure 5) qui se décomposent comme suit :

- 25 - phase A1 : Mesure de la fréquence,
- phase A2 : Correction de la mesure en fonction des paramètres mesurés en phase C1,
- phase A3 : Comparaison avec la moyenne glissante des "n" dernières mesures,
- 30 - phase B1 : Capture de la forme du signal et analyse spectrale,
- phase B2 : Comparaison avec la "carte d'identité" électrique de l'animal en fonction des paramètres mesurés en phase C1,

- 7 -

- phase C1 : Mesure de la température et éventuellement des paramètres influant sur le signal et n'entrant pas dans le cadre d'une pollution.

5 Par système de comparaison classique, si les mesures sont normales, ou si une alerte n'est pas confirmée, le programme est réinitialisé, si l'alerte est confirmée une alarme se déclenche et met en route des procédures variables selon l'origine de l'alerte.

10 Différents moyens de surveillance et de déclenchement d'alarme peuvent être mis en oeuvre tel que : télésurveillance, téléaction, vidéo.

La figure 2 est un schéma de principe du circuit hydraulique et de régulation thermique pour la mise en oeuvre de l'invention. On distingue les principales étapes suivantes :

15 a) le prélèvement continu du liquide dont on veut tester la qualité, au moyen d'une pompe à un débit régulier de façon à renouveler le milieu correctement.

20 b) selon les situations, étape éventuelle pour l'élimination des particules en suspension. Ceci sera réalisé par exemple par un système de filtration ou par exemple par une décantation lamellaire ; une étape de brassage du liquide à surveiller peut également être intercalée.

c) préchauffage grossier du liquide avec un régulateur thermique fonctionnant en tout ou rien,

25 d) chauffage très précis du liquide à la température idoine pour l'animal-test (1) (i.e. 26-27°C). Ceci est réalisé au moyen d'une unité thermorégulatrice très précise comportant un régulateur performant, pilotant un gradateur (unité de puissance à thyristors) et d'une sonde platine type Pt 100 située en sortie du réchauffeur, c'est-à-dire dans la conduite entre le bac de chauffage et le bac de contention. Le régulateur délivre un signal variable de 0 à 20 mA au gradateur, correspondant à une  
30 régulation variable de la puissance des résistances. Cette unité thermorégulatrice doit permettre une arrivée de liquide dans le bac de contention (3) à une température très stable (de l'ordre de 0,1°C) malgré les écarts thermiques du liquide prélevé au départ.

- 8 -

Il est important de noter la nécessité d'une alimentation en liquide à température extrêmement constante dans le bac de contention, étant donné l'étroite corrélation existant entre ce facteur et la fréquence de décharges d' *Apteronotus albifrons* . En effet, suivant les  
5 individus nous enregistrons une variation de 40 à 45 Hz par degré Celsius, ces deux grandeurs variant dans le même sens.

e) distribution du liquide thermorégulé dans un ou plusieurs bacs de contention calorifugés (3). Le liquide thermorégulé est distribué à la base du bac (3) de contention de forme cylindro-conique et est  
10 évacué par un dispositif de récupération en surface. L'animal-test (1) est donc soumis à un courant de liquide vertical. La forme cylindro-conique est préférable à la forme parallélépipédique pour une distribution homogène de liquide sur la section entière du bac.

Afin de s'affranchir des variations individuelles des animaux-tests, nous enregistrerons les réponses électriques et comportementales de façon simultanée sur plusieurs animaux par exemple  
15 trois animaux (1a, 1b, 1c). Aussi le liquide thermorégulé sera réparti sur trois unités cylindro-coniques (3a, 3b, 3c). Nous envisageons éventuellement un système de bacs-relais, c'est-à-dire un dispositif  
20 comprenant deux ou plusieurs groupes de trois bacs. En effet, pour l'animal-test utilisé ici certaines informations électriques sont plus facilement recueillies durant la phase diurne (correspondant à la phase de repos du poisson). Aussi l'idée d'utiliser deux, voire trois  
25 animaux-relais, afin qu'il s'en trouve toujours un en phase éclairée, constituera éventuellement un recours intéressant pour une surveillance en continu de la qualité des eaux. Les mesures se feront alors sur le ou les animaux en phase éclairée.

Sur la figure 2 on a représenté un système avec animaux relais comportant deux unités de trois bacs (3a, 3b, 3c) et (30a, 30b,  
30 30c) et deux groupes de trois animaux-tests (1a, 1b, 1c) et (10a, 10b, 10c) dont on décale artificiellement de douze heures les phases diurne et nocturne, les mesures se faisant sur le groupe en phase diurne ici le groupe (1a, 1b, 1c), le groupe relais étant en phase nocturne.

A titre d'exemple, la figure 3 montre deux unités de bacs (3a, 30a) et (3b, 30b) comportant chacune deux poissons (1a, 10a) et (1b, 10b) décalés entre eux de douze heures et une unité de bacs (3c, 30c, 300c) comportant trois poissons (1c, 10c, 100c) décalés dans le temps avec des périodes de recouvrement de quatre heures, chaque poisson ayant douze heures de jour et douze heures de nuit.

Bien entendu les nombres d'unités de bacs, ou de bacs dans une unité, ou le nombre d'heures de décalage ou de recouvrement des activités nycthémérales sont choisis en fonction de l'application considérée.

Les bacs peuvent être alimentés en parallèle (figures 3, 4) ou en série (figure 2), dans tous les cas on introduit le liquide en partie basse du bac et on l'évacue en partie haute ceci pour forcer les polluants à faible solubilité et formant un film superficiel tel que les hydrocarbures à traverser les refuges (4).

La figure 4 montre à titre d'exemple non limitatif une installation de mise en oeuvre de l'invention en circuit ouvert. Les eaux de surface prélevées dans le site à surveiller sont envoyées après pompage et filtrage en partie basse d'un bac de brassage (11) classique à pales prévu en amont d'un bac de chauffage (12) pour homogénéiser le milieu.

Le bac de chauffage (12) comporte une pluralité de résistances disposées par exemple horizontalement et en chicanes.

L'eau est portée à une température constante appropriée à la vie des poissons tropicaux (comprise entre 25° et 28°) à partir d'une température du liquide de prélèvement très variable selon la saison.

La sonde qui pilote le thermorégulateur (13) enregistre la température de l'eau à la sortie du bac de chauffage.

Le liquide thermorégulé est envoyé ici dans deux unités de plusieurs bacs de contention (dont deux seulement sont représentés), alimentés en parallèle et disposés en cercle autour du bac de brassage (11).

Chacun des bacs présente ici une section circulaire mais

- 10 -

cette forme n'est pas limitative (elle pourrait par exemple être elliptique selon la qualité de captage du signal).

5 Le fond d'un bac (3) ou (30) comporte une pluralité de plaques perforées (9) pour homogénéiser le flux dans le bac, un refuge (4) en forme de tube perforé dont les perforations permettent d'une part de laisser passer le flux vertical d'autre part d'observer le poisson, un dispositif de prélèvement de liquide (14) en surface avec une conduite (15) pour le rejet sur le site surveillé. Les électrodes (2) sont placées verticalement près des parois des bacs (3) et dans le plan longitudinal  
10 de symétrie du tube (4) pour un captage optimal des signaux.

Une pompe (15) assure un débit constant. Les systèmes de commande, de surveillance, d'alarme électrique et/ou sonore et/ou visuelle, ne sont pas représentés sur les figures.

On peut en outre ajouter selon les besoins :

- 15 - un dispositif de surveillance vidéo, une modification comportementale du poisson pouvant constituer une alerte (par exemple si l'animal-test vient piper en surface),
- un dispositif de prélèvement automatique d'échantillons de liquide en cas d'alerte pour analyses,
- 20 - un dispositif "eau-claire" pour sauver les poissons en cas de pollution par coupure du circuit hydraulique et branchement automatique sur un circuit d'eau non polluée,
- une unité de surveillance de divers paramètres physico-chimiques (comme pH, oxygène, turbidité, conductivité, ammoniacale, etc...) par des capteurs physico-chimiques spécifiques et renvoyant l'information collectée au niveau de l'ordinateur,
- 25 - les performances et avantages de l'invention sont nombreux et notamment :
- sa précision,
- 30 - sa rapidité (étude de réponses sublétales),
- sa sensibilité,
- sa fiabilité,
- sa mise en oeuvre aisée,

- 11 -

- son adaptabilité à des applications diverses,
- une approche très complète des caractéristiques du milieu à surveiller (approche biologique, physique et chimique).
- sa capacité de détecter en continu et en temps réel.

5           Le domaine d'application du procédé ou d'une installation selon l'invention n'est pas limité à la surveillance des eaux de surface en vue de détecter l'apparition d'une pollution, mais il peut être étendu à :

10           - la surveillance et/ou au contrôle de tous les milieux aqueux dans des domaines industriels variés (par exemple dans des laboratoires pharmaceutiques pour surveiller la stabilité en concentration d'une substance ;

15           - la détection et/ou la mesure et/ou la régulation de température ou de variations de température nécessitant une précision bien supérieure à celle des appareils connus actuellement, et ce dans n'importe quel domaine industriel (précision du poisson de l'ordre du millième de degré).

20           Enfin, d'une façon générale l'invention n'est pas limitée à l'utilisation de *Apteronotus albifrons* car tous les animaux aquatiques ondulatoires haute fréquence et/ou pulsatoires réguliers peuvent convenir.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la surveillance biologique en temps réel de paramètres physico-chimiques des milieux aqueux utilisant des signaux électriques émis par des animaux-tests aquatiques électrogènes caractérisé en ce qu'il utilise les signaux émis par au moins un animal-test aquatique appartenant à l'ensemble (ondulatoire haute fréquence, pulsatoire régulier).
2. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que au moins un des animaux-tests de l'ensemble choisi est un poisson.
3. Procédé selon la revendications 2 caractérisé en ce qu'il utilise au moins un poisson de l'ordre des *Gymnotiformes*.
4. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il utilise une espèce appelée *Apteronotus albifrons*.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comporte des étapes successives de stabilisation thermique (c, d) du liquide capté, de distribution de liquide dans un ou plusieurs bacs de contention (3) contenant chacun un animal-test (1), de traitement des informations avec correction de mesures en fonction d'au moins un paramètre influant sur le signal.
6. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que le traitement de données nécessite l'établissement préalable d'une carte d'identité électrique de l'animal-test (1) pour déterminer les bornes entre lesquelles varient les différentes caractéristiques du signal électrique dans des conditions standards (milieu non pollué).
7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'il comporte un programme informatique dans lequel les signaux sont traités en parallèle selon trois axes A, B, C (voir figure 5) qui se décomposent comme suit :
  - phase A1 : Mesure de la fréquence,
  - phase A2 : Correction de la mesure en fonction d'au moins un paramètre mesuré en phase C1,

- 13 -

- phase A3 : Comparaison avec la moyenne glissante des "n" dernières mesures,

- phase B1 : Capture de la forme du signal et analyse spectrale,

5       - phase B2 : Comparaison avec la "carte d'identité" électrique de l'animal-test en fonction des paramètres mesurés en phase C1,

- phase C1 : Mesure de la température et éventuellement d'autres paramètres influant sur le signal,

10       puis, par système de comparaison classique, si les mesures sont normales, ou si une alerte n'est pas confirmée, le programme est réinitialisé au début, si l'alerte est confirmée une alarme se déclenche et met en route des procédures variables selon l'origine de l'alerte.

8.       Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'on utilise des animaux relais à phase d'activité nycthémérale artificiellement décalée, de façon à ce qu'on ait en permanence au moins un animal-test en phase diurne durant laquelle sont généralement effectuées les mesures.

9.       Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'on enregistre les réponses simultanément sur un groupe d'animaux-tests pendant leur phase de repos.

10.       Installation pour la surveillance biologique en temps réel de paramètres physico-chimiques des milieux aqueux utilisant des signaux électriques émis par au moins un animal-test aquatique électrogène comportant :

25       - un système de traitement des signaux recueillis par les électrodes,

- un système d'exploitation des signaux, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre :

30       - un système de captage des signaux électriques avec au moins un bac de contention (3) contenant un animal-test (1) appartenant à l'ensemble (ondulatoire haute fréquence pulsatoire régulier), ledit bac étant équipé d'électrodes recueillant le signal et d'autre part traversé

- 14 -

en continu par un flux homogénéisé du liquide à surveiller.

- une unité thermorégulatrice très précise (12) en amont du ou des bacs de contention (3) pour que les variations de la température dans les bacs de contention n'excèdent pas 0,1°C.

5 11. Installation selon la revendication 10 caractérisée en ce qu'elle comporte en amont du bac de chauffage (12), un bac de brassage (11).

10 12. Installation selon l'une des revendications 10 à 11 caractérisée en ce qu'elle comporte au moins deux bacs relais par unité de bacs tels que (3a, 30a) (3b, 30b) (3c, 30c, 300c) dans le but de décaler artificiellement les phases d'activité nycthémérale des animaux-tests entre eux à l'intérieur d'une même unité de bacs.

15 13. Installation selon l'une des revendications 10 à 11 caractérisée en ce qu'elle comporte au moins deux unités de bacs tels que (3a, 3b, 3c), (30a, 30b, 30c) dans le but de décaler artificiellement les phases d'activité nycthémérale d'un groupe d'animaux-tests (1a, 1b, 1c) par rapport à l'autre groupe (10a, 10b, 10c).

20

FIG. 2

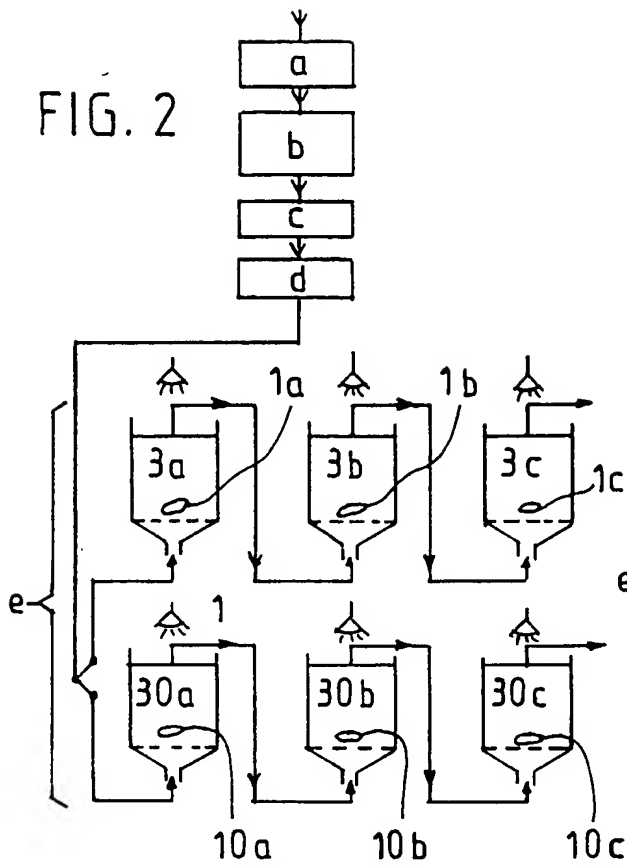


FIG. 3

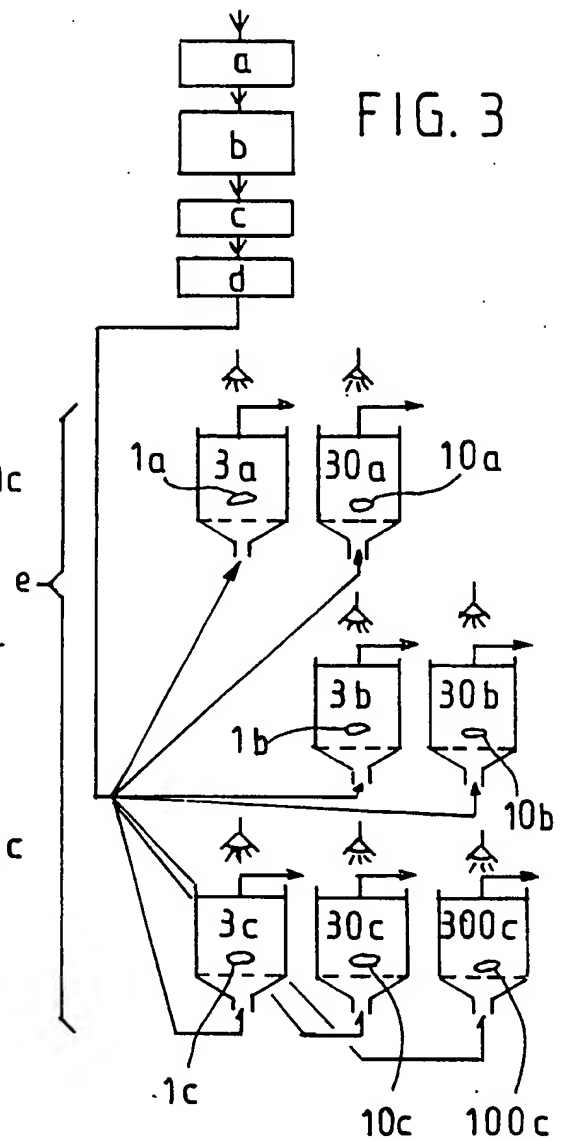


FIG. 5

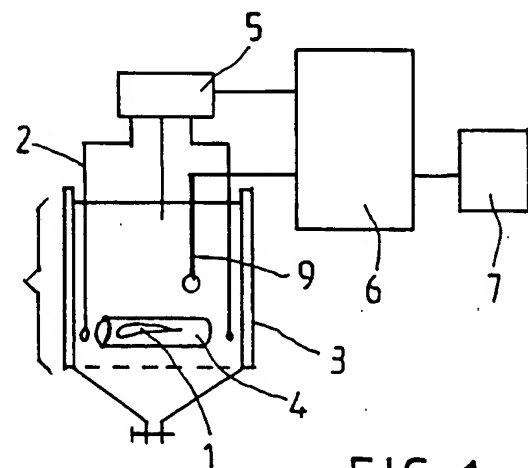
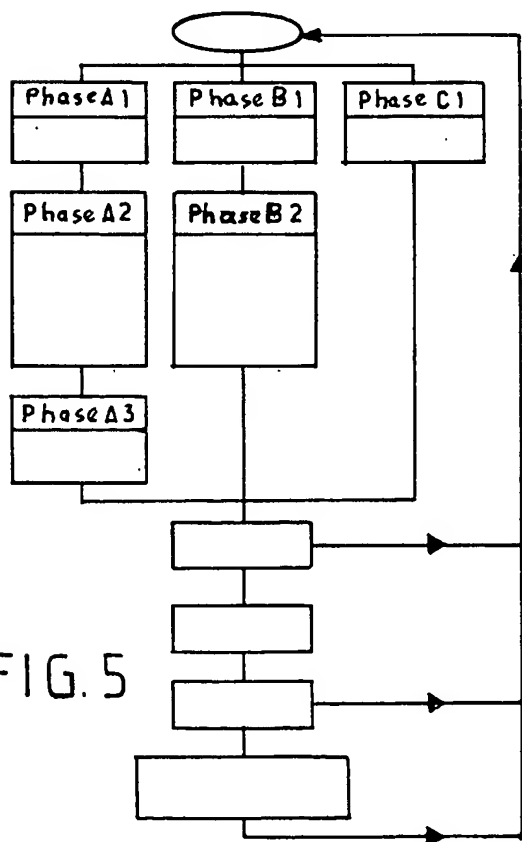
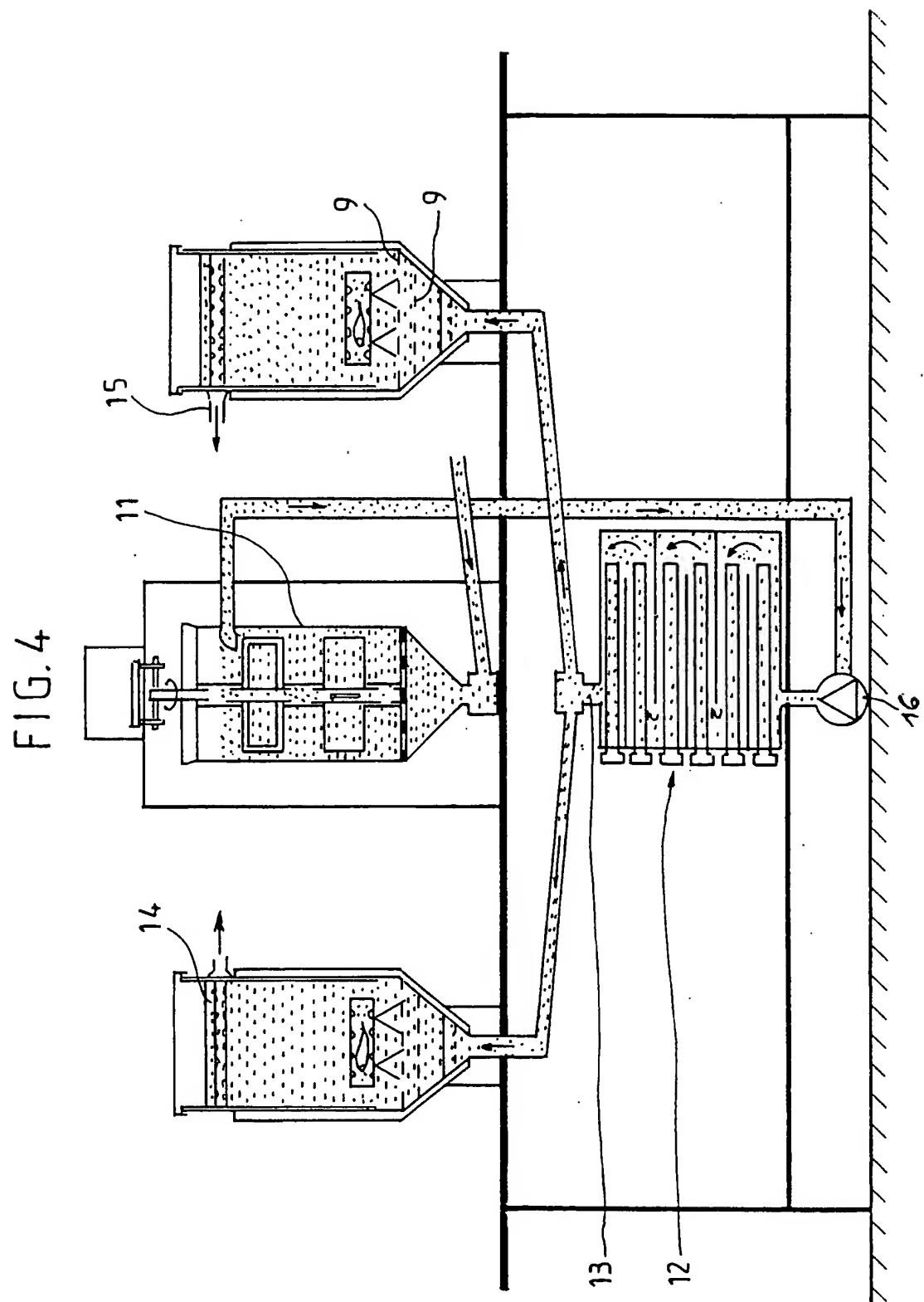


FIG. 1

2 / 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int:      nal Application No  
PCT/FR 94/01346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6   G01N33/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6   G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB,A,1 555 683 (WATER RESEARCH CENTRE) 14 November 1979 see claim 1 ----	1-3
A	DE,C,29 06 884 (ZIPPE SCHWIMMBADTECHNIK GMBH) 17 February 1983 cited in the application see the whole document ----	1-3,10
A	WO,A,92 04629 (W. F. MILLER) 19 March 1992 see page 8, line 11 - page 9, line 9 ----	10
A	EP,A,0 158 522 (WATER RESEARCH CENTRE) 16 October 1985 see page 1 ----	1,10
A	US,A,5 140 855 (D. GRUBER) 25 August 1992 see column 1 - column 2 -----	10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 March 1995

Date of mailing of the international search report

03.04.95

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Brison, O

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/FR 94/01346

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A-1555683	14-11-79	NONE	
DE-C-2906884	28-08-80	DE-A, C 2906884	28-08-80
WO-A-9204629	19-03-92	AU-A- 8502591	30-03-92
EP-A-0158522	16-10-85	AU-A- 4100585	17-10-85
		CA-A- 1224553	21-07-87
		GB-A, B 2157445	23-10-85
		GB-A, B 2195543	13-04-88
		JP-A- 61002075	08-01-86
		US-A- 4723511	09-02-88
US-A-5140855	25-08-92	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dern : Internationale No  
PCT/FR 94/01346

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 6 G01N33/18		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 6 G01N		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	GB,A,1 555 683 (WATER RESEARCH CENTRE) 14 Novembre 1979 voir revendication 1 ---	1-3
A	DE,C,29 06 884 (ZIPPE SCHWIMMBADTECHNIK GMBH) 17 Février 1983 cité dans la demande voir le document en entier ---	1-3,10
A	WO,A,92 04629 (W. F. MILLER) 19 Mars 1992 voir page 8, ligne 11 - page 9, ligne 9 ---	10
A	EP,A,0 158 522 (WATER RESEARCH CENTRE) 16 Octobre 1985 voir page 1 ---	1,10
A	US,A,5 140 855 (D. GRUBER) 25 Août 1992 voir colonne 1 - colonne 2 -----	10
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"I" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">8 Mars 1995</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">06.04.95</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Brison, O</div>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Der : Internationale No

PCT/FR 94/01346

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB-A-1555683	14-11-79	AUCUN	
DE-C-2906884	28-08-80	DE-A, C 2906884	28-08-80
WO-A-9204629	19-03-92	AU-A- 8502591	30-03-92
EP-A-0158522	16-10-85	AU-A- 4100585	17-10-85
		CA-A- 1224553	21-07-87
		GB-A, B 2157445	23-10-85
		GB-A, B 2195543	13-04-88
		JP-A- 61002075	08-01-86
		US-A- 4723511	09-02-88
US-A-5140855	25-08-92	AUCUN	